

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BAZI ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (LEP: GELECHIIDAE)'YA
KARŞI ETKİLERİNİN LABORATUVAR
KOŞULLARINDA BELİRLENMESİ**

Sevgi TÜRKÖZ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Bitki Koruma Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.02.01

Sunuş Tarihi : 07.01.2015

Bornova-İZMİR

2015

Sevgi TÜRKÖZ tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Bazı Entomopatojen Nematodların *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lep: Gelechiidae)’ya Karşı Etkilerinin Laboratuvar Koşullarında Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma E.. Lisansüstü Eēitim ve ēretim Ynetmeliēi ile E.. Fen Bilimleri Enstitüsü Eēitim ve ēretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan deēerlendirilerek savunmaya deēer bulunmuş ve 07.01.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliēi/oyçokluēu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri yeleri:

İmza

Jüri Baēkanı : Doē. Dr. Galip KAēKAVALCI

.....

Raportör ye : Prof. Dr. Zeynep YOLDAē

.....

ye : Doē. Dr. Mehmet KARAGÖZ

.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Bazı Entomopatojen Nematodların *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lep: Gelechiidae)’ya Karşı Etkilerinin Laboratuvar Koşullarında Belirlenmesi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

07.01.2015

Sevgi TÜRKÖZ

ÖZET

BAZI ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (LEP: GELECHIIDAE)'YA KARŞI ETKİLERİNİN LABORATUVAR KOŞULLARINDA BELİRLENMESİ

TÜRKÖZ, Sevgi

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Ocak 2015, 43 sayfa

Bu çalışmada, e-nema firmasından temin edilen, Avrupa'da ticari olarak kullanılan üç entomopatojen nematod türü olan, *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)'ya karşı olan etkileri laboratuvar koşulları altında araştırılmıştır. Denemede *T. absoluta*'nın yaprak dışında bulunan üçüncü dönem larvalarına, yaprak galerisi içerisindeki son dönem larvasına ve pupa dönemine karşı entomopatojen nematodlar farklı dozlarda uygulanmıştır. İlk olarak her bir nematod türünün 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 IJ/larva olacak şekilde 8 farklı dozunu kullanılarak yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvalarının bu dozlardaki ölüm oranları belirlenmiştir. Ölüm oranları *S. feltiae* için % 17.46-95.24, *S. carpocapsae* için % 28.7-99.39, *H. bacteriophora* için % 21.21-74.24 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'nin belirlenen dozlarda birbirine yakın etkide bulunduğu, *H. bacteriophora*'nın ise bu iki türe kıyasla daha düşük düzeyde etkinliğe sahip olduğu görülmüştür. Bütün nematod türlerinde doz artışı ile birlikte yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvalarının ölüm oranlarında da artış gözlenmiştir. *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* için LD₅₀ değerleri hesaplanmış ve sırasıyla 6.252, 7.132 ve 21.677 olarak bulunmuştur. Bu hesaplamalar sonucunda en yüksek etkiye sahip nematod türü olan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozu yaprak içerisinde bulunan *T. absoluta* larvalarına ve pupa dönemlerine uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda *S. feltiae* yaprak içerisindeki larvalarda (% 19) ve pupalarda (% 7) düşük miktarda ölüme yol açmıştır. Sonuçlar, entomopatojen nematodların sadece yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvalarının mücadelesinde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar sözcükler: *Steinernema*, *Heterorhabditis*, *Tuta absoluta*, etkinlik, domates

ABSTRACT**DETERMINATION OF THE EFFICACY OF SOME
ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AGAINST *Tuta absoluta*
(Meyrick 1917) (LEP:GELECHIIDAE) IN LABORATORY
CONDITIONS**

TÜRKÖZ, Sevgi

MSc in Department of Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

January 2015, 43 pages

In this study, the efficacy of three different entomopathogenic nematode species, *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*, which was obtained from e-nema and used commercially in Europe, was investigated against *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in laboratory conditions. The entomopathogenic nematodes were applied with different dosages to the third instar larvae of *T. absoluta* outside the leaves, the last instar larvae inside the mines of the leaves and to the pupae stages. The mortality rates of the third instar larvae of *T. absoluta* outside the leaves were determined by using 8 different dosages, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 IJs/larva of each entomopathogenic nematode species. The mortality rates were found between 17.46-95.24 % for *S. feltiae*, 28.79-99.39 % for *S. carpocapsae* and 21.21-74.24 % for *H. bacteriophora*. According to the results, *S. feltiae* and *S. carpocapsae* caused similar mortalities at the given dosages while *H. bacteriophora* had low efficacy compared to those two species. There was an increase in the mortality rates of the third instar larvae of *T. absoluta* outside the leaves in terms of all nematode species with increasing dosages. The values of LD₅₀ for *S. feltiae*, *S. carpocapsae* and *H. bacteriophora* were 6.252, 7.132 and 21.677, respectively. As a result of this evaluation, the LD₅₀ dosage of *S. feltiae*, the most efficient nematode strain, was used against the larva of *T. absoluta* inside the mines of the leaves and against pupae. Finally, *S. feltiae* was lead to low mortality both the larvae inside the mines (19 %) and the pupae stages (7 %). These results revealed that entomopathogenic nematodes could be used only for the control of *T. absoluta* larvae outside the leaves.

Keywords: *Steinernema*, *Heterorhabditis*, *Tuta absoluta*, efficacy, tomatoes

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının belirlenmesinden yazım aşamasına kadar desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Galip KAŞKAVALCI'ya, tez çalışmam boyunca her zaman yanımda olan ve benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Zir. Yük. Müh. Aydın PEÇEN'e (Diyarbakır Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır), Zir. Yük. Müh. İbrahim MISTANOĞLU'na ve Zir. Yük. Müh. Erdem EMRE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında bilgi ve birikimlerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Araş. Gör. Elvan SERT ÇELİK'e (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) ve Araş. Gör. Tufan Can ULU'ya (Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca denemede kullanılan *Tuta absoluta* popülasyonunun sağlanmasında Yrd. Doç. Dr. Fatih DAĞLI'ya (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü), domates fidelerinin temini için Doç. Dr. Gölgen Bahar ÖZTEKİN'e (Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü) ve nematod preparatlarının sağlanmasında Almanya'da bulunan e-nema GmbH (Schwentinental, Almanya) firmasına ve değerli hocam Prof. Dr. Ralf-Udo EHLERS'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı 2011-ZRF-043 Nolu proje ile destekleyen Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu, (BAP)'na teşekkür ederim.

Son olarak benden maddi ve manevi her türlü desteğini esirgemeyen aileme yürekten teşekkür ederim.

Sevgi TÜRKÖZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
TEZ İÇİNDE GEÇEN TERİMLER	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1 Dünyada Yapılan Çalışmalar	8
2.1.1 Larvalara karşı yapılan etkinlik çalışmaları.....	8
2.1.2 Pupa ve erginlere karşı yapılan etkinlik çalışmaları... ..	11
2.2 Türkiye’de Yapılan Çalışmalar.....	12
2.2.1 Larvalara karşı yapılan etkinlik çalışmaları.....	12
2.2.2 Pupa ve erginlere karşı yapılan etkinlik çalışmaları	14
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1 Materyal.....	15
3.2 Metot.....	16
3.2.1 Konukçu bitki üretimi.....	16
3.2.2 <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick 1917) üretimi	16

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2.3 <i>Galleria mellonella</i> (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının üretimi	18
3.2.4 Entomopatojen nematodların üretimi.....	18
3.2.5 Entomopatojen nematodların uygulanması.....	19
3.2.6 Enfekteli <i>Tuta absoluta</i> larvalarında entomopatojen nematod varlığının saptanması	22
3.2.7 İstatistiki analiz	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1 Entomopatojen Nematodların Yaprak Dışındaki <i>Tuta absoluta</i> Larvalarına Etkileri	24
4.1.1 Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki <i>Tuta absoluta</i> larvalarına nematod türleri açısından etkinlikleri	24
4.1.2 Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki <i>Tuta absoluta</i> larvalarına nematod dozları açısından etkinlikleri.....	27
4.1.3 Nematod türlerinin LD ₅₀ değerlerine ait veriler.....	32
4.2 <i>Steinernema feltiae</i> 'nin Yaprak İçerisindeki <i>Tuta absoluta</i> Larvalarına Etkileri	33
4.3 <i>Steinernema feltiae</i> 'nin <i>Tuta absoluta</i> Pupalarına Etkileri	34
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR DİZİNİ	37
ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Avrupa ve Afrika kıtasında <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)'nin tespit edildiği ülkeler	4
1.2. Entomopatojen nematodların hayat döngüsü.....	6
3.1. Saksılara dikilen domates fidelerinin serada üretimi	16
3.2. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) yetiştirilmesinde kullanılan kafesler	17
3.3. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)'nin zarar şekli	17
3.4. <i>Galleria mellonella</i> (Linnaeus, 1758) larvalarının kitle halinde üretimi..	18
3.5. Entomopatojen nematodların <i>Galleria mellonella</i> (Linnaeus, 1758) larvası aracılığıyla çoğaltım aşamaları	19
3.6. Yaprak dışındaki <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına entomopatojen nematod uygulaması	20
3.7. Yaprak içindeki <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına entomopatojen nematod uygulaması	21
3.8. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)'nin pupa dönemlerine entomopatojen nematod uygulaması	21
3.9. Entomopatojen nematodlardan Steinernematidler ile enfekteli <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod varlığının tespiti	22
3.10. Entomopatojen nematodlardan <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar, 1975) ile enfekteli <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod varlığının tespiti.....	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünyada yaş sebze üreticisi olan ülkelerin üretim miktarı.....	2
1.2. Dünyadaki bazı önemli domates üreticisi ülkeler	2
3.1. Denemede kullanılan entomopatojen nematod türleri	15
4.1. Yaprak dışında bulunan <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan <i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev, 1934)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları.....	25
4.2. Yaprak dışında bulunan <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan <i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser, 1955)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları.....	25
4.3. Yaprak dışında bulunan <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar, 1975)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları.....	26
4.4. Yaprak dışında bulunan <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod türlerinin farklı uygulama dozlarındaki (IJ/larva) ölüm oranları	27
4.5. Nematod türlerinin 1 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	28
4.6. Nematod türlerinin 2 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	28
4.7. Nematod türlerinin 5 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	29
4.8. Nematod türlerinin 10 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	29
4.9. Nematod türlerinin 15 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	30
4.10. Nematod türlerinin 20 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	30

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.11. Nematod türlerinin 25 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	31
4.12. Nematod türlerinin 40 IJ/larva dozundaki ölüm oranları.....	31
4.13. Nematod türlerinin LD ₅₀ değerleri.....	32
4.14. Yaprak içerisindeki <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan <i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev, 1934)'nin LD ₅₀ dozu sonucunda meydana gelen ölüm oranları.....	33
4.15. <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) pupalarına uygulanan <i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev, 1934)'nin LD ₅₀ dozu sonucunda meydana gelen ölüm oranları	34

TEZ İÇİNDE GEÇEN TERİMLER

İnfektif juvenil: Entomopatojen nematodların toprakta serbest olarak yaşayan tek evresi olan 3. juvenil (J3) evresidir.

Surfaktan: “*Surface active agent*” sözcüklerinin harflerinden oluşan bir kısaltma olan surfaktan kelimesi yüzey aktif madde yerine kullanılmaktadır.

in vivo : *Galleria mellonella* larvası aracılığıyla (canlının içinden) entomopatojen nematodların üretilmesi.

in vitro : Laboratuvar ortamında ya da yapay koşullarda yapılan üretim.

LD₅₀ : Böcek popülasyonunun % 50'sinin öldüğü doz, lethal doz.

Anti desikant: Su kaybını önleyici maddeler.

1. GİRİŞ

Türkiye; coğrafi konumu, üretime uygun verimli ve geniş tarım alanları, değişik bölgelerin ekolojik farklılıkları sayesinde meyve ve sebzelerin iyi koşullarda ve kaliteli olarak yetiştirilebildiği nadir ülkelerden birisidir. Ülkemizde yılda yaklaşık 46,7 milyon ton taze meyve sebze üretilmektedir. Bu yaş meyve sebze üretiminin 28,5 milyon tonunu sebze üretimi kapsamaktadır. Domates ise 11,8 milyon tonluk üretim hacmiyle ülkemizde en çok yetiştirilen sebze türü olup, toplam sebze üretiminden % 41,5 pay almaktadır (Anonymous, 2013a).

Domates (*Solanum lycopersicum*), dünya çapında yetiştiriciliği yapılan Solanaceae, familyasına ait Güney Amerika kökenli tek yıllık otsu bir bitkidir. Anavatanı Orta ve Güney Amerika, Meksika ve Peru kıyılarıdır (Jenkins, 2008). Domatesin ticari gelişimi ilk olarak 1800'lü yılların ortalarında Amerika'da gerçekleşmiştir. Günümüzde de insan beslenmesi üzerinde önemli bir yere sahip olduğunun anlaşılmasıyla birlikte üretimi ve ticareti yapılan ürünler arasında ilerleme sağlayan en önemli sebze türü olarak yerini almıştır.

Dünyada 57,2 milyon hektar alanda yaş sebze üretimi yapılmaktadır ve söz konusu alandan yetiştirilen toplam yaş sebze miktarı 1,1 milyar ton olup, domates yaklaşık 162 milyon tonluk üretimi ile dünyada en çok yetiştirilen yaş sebze ürünü olarak yerini almaktadır. Çin, 574 milyon tonluk üretimi ile dünya yaş sebze üretiminde % 52'lik bir paya sahiptir ve dünyanın en çok yaş sebze üreten ülkesi konumundadır. Çin'i sırasıyla 109 milyon ton üretimi ile Hindistan ve 36 milyon tonluk üretimi ile ABD izlemektedir. Ülkemiz ise 28 milyon tonluk üretimi ile dördüncü sırada yer almakta ve küresel yaş sebze üretiminde % 2,5 oranında pay sahibidir (Çizelge 1.1) (Anonymous, 2012a).

Çizelge 1.1. Dünyada yaş sebze üreticisi olan ülkelerin üretim miktarı (Anonymous, 2012a)

Ülke	Üretim (ton/yıl)
Çin	573.935.000
Hindistan	109.140.990
ABD	35.947.720
Türkiye	27.818.918
İran	23.485.675
Mısır	19.825.388
Rusya Federasyonu	16.084.372
Meksika	13.599.497
İspanya	12.531.000
İtalya	12.297.645
Nijerya	11.940.600
Japonya	11.351.200

Dünyada toplam 4,8 milyon hektar alanda domates ekimi yapılmaktadır. Domates üretimi en güncel istatistiksel verilere göre Çin’de 50 milyon ton, Hindistan’da 17,5 milyon ton, Amerika’da 13,2 milyon tondur. Türkiye ise 11,3 milyon ton ile domates üretiminde önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır (Çizelge 1.2) (Anonymous, 2012b). Üretimde hektara göre verimin en yüksek olduğu ülke Hollanda’dır. Çin, dünya domates üretiminin yaklaşık üçte birini tek başına karşılamakta iken ülkemizin küresel domates üretimindeki payı % 7 civarındadır.

Çizelge 1.2. Dünyadaki bazı önemli domates üreticisi ülkeler (Anonymous, 2012b)

Ülke	Üretim (ton/yıl)
Çin	50.000.000
Hindistan	17.500.000
Amerika	13.206.950
Türkiye	11.350.000
Mısır	8.625.219
İran	6.000.000
İtalya	5.131.977
Brezilya	3.873.985
İspanya	4.007.000
Meksika	3.433.567
Özbekistan	2.650.000
Rusya	2.456.100

Ülkemizde bölgeler arası sıralamaya bakıldığında ise Akdeniz Bölgesi ilk sırada yer almakta ve bunu sırasıyla Ege ve Marmara Bölgesi izlemektedir. Örtü altında yapılan domates üretimi son yıllarda artış göstererek 2012 yılında 3,1 milyon tona çıkmıştır. 2012 yılındaki toplam üretimin % 32'si sanayi domatesi ve % 27'si örtü altı üretimidir (Anonymous, 2012c).

Dünya yaş sebze ihracatına baktığımızda ise en fazla ihracatı yapılan yaş sebze ürünü domates olup ihracatı yaklaşık 7,9 milyar dolar civarında seyretmiştir. Küresel yaş sebze ihracatındaki payı ise % 24,8'dir. Domates ihracatında Hollanda 1,8 milyar dolarlık ihracat ve % 23 pay ile dünya lideri konumunda olup bu ülkeyi 1,7 milyar dolar ve % 21,4'lük pay ile Meksika, 1,2 milyar dolar ve % 15,1 pay ile İspanya, 402 milyon dolar ve % 5,1 pay ile Fas izlemektedir. Ülkemiz önde gelen ihracatçılardan biri olup, 2012 yılı itibarıyla 401 milyon dolarlık domates ihracatı gerçekleştirerek dünyada 5'inci sırada yer almıştır (Anonymous, 2012c).

Yaş meyve sebze ihracatımız 2013 yılında bir önceki yıla göre % 8,5 oranında artış göstermiş ve 2,1 milyar dolardan 2,3 milyar dolara yükselmiştir. Söz konusu yılda en fazla ihracatı yapılan yaş meyve sebze ürünü ise 483 bin ton ve 391 milyon dolarla domates olmuştur (Anonymous, 2013b).

Böylesine önemli paya sahip olan bir bitkinin yetiştiriciliğine ekonomik olarak engel olabilen oldukça önemli hastalık ve zararlılar mevcuttur. Bu zararlılardan başlıcaları beyaz sinek (*Bemisia tabaci* Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae), yaprak galeri sineği (*Liriomyza trifolii* Burgess) (Diptera: Agromyziidae), kırmızı örümcek (*Tetranychus cinnabarinus* Bois) (Acari: Tetranychidae)'dır (Uygun vd., 1998). Bunlar içerisinde ekonomik anlamda zarar veren en önemli tür domates yaprak galeri güvesi (*Tuta absoluta* Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'dir. Zararlı Güney Amerika kökenli olup Avrupa'da ilk kez 2006 yılında İspanya'da (Urbaneja et al., 2007), daha sonra Fransa, İtalya, Malta, Hollanda, İngiltere, Macaristan, Bulgaristan ve Kuzey Afrika ülkelerinden Cezayir, Fas ve Tunus'ta görülmüştür (Potting, 2009). Ayrıca Batı Afrika'da 2010 yılında (USDA-APHIS, 2011), Sudan ve Etiyopya'da 2011 yılında (Anonymous, 2012d) ve son olarak da 2013 yılında Batı Afrika'daki Sahara çölünü geçerek Senegal'de (Pfeiffer et al., 2013; Brévault et al., 2014) tespit edilmiştir (Şekil 1.1).



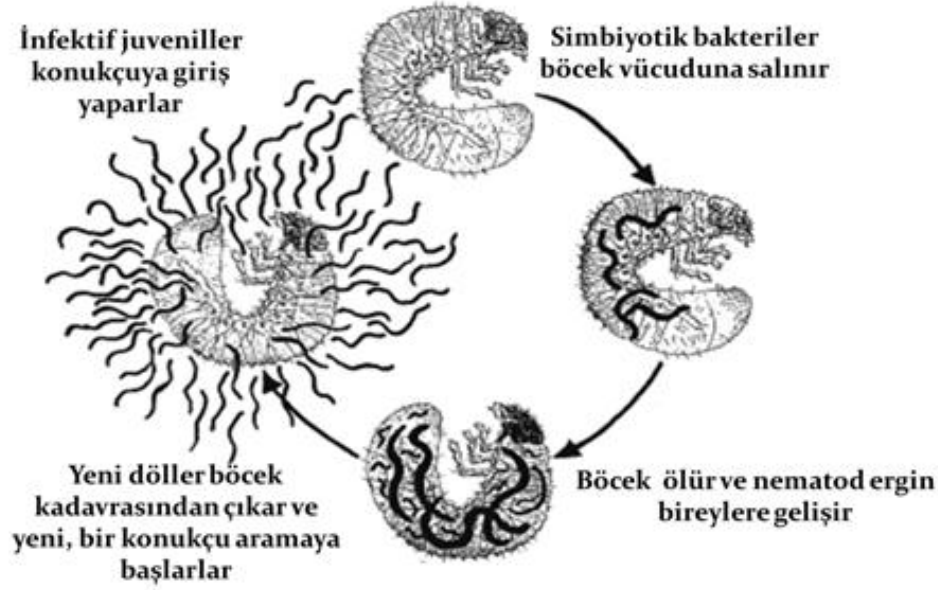
Şekil 1.1. Avrupa ve Afrika kıtasında *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)'nin tespit edildiği ülkeler.

Türkiye’de ilk olarak İzmir’in Urla ilçesinde 2009 Ağustos ayında tespit edilmiştir (Kılıç, 2010). Kısa süre içerisinde yayılma göstererek başta Akdeniz olmak üzere diğer bölgelerde de saptanmıştır. Akdeniz bölgesinde, Antalya’nın Kumluca ilçesinde bir üretici serasındaki feromon tuzaklarında rastlanılmıştır (Erler vd., 2010).

Türkiye’de domates yetiştirilen alanlarda ana zararlı konumuma gelen bu zararlı yüksek üreme potansiyeline sahip olup yılda 12 döl verebilmektedir. Zararlı, yaprak dokusu içerisinde beslendiği, insektisitlere dayanıklılık gösterdiği ve hızla çoğaldığı için mücadelesi oldukça zordur. Ana konukçusu domates olmasına rağmen, özellikle Solanaceae familyası içerisindeki çeşitli bitkileri ikincil konukçu olarak kullanma eğilimindedir. Bir dişi ortalama 120-260 adet yumurta bırakabilmektedir. Yumurtalarını genellikle yaprakların alt kısımlarına, tomurcuk ve olgunlaşmamış domates meyvelerine bırakırlar. Larvalar domates bitkisinin bütün toprak üstü aksamında yaprak, sap, gövde ve meyveye girerek zarar verirler. Yaprığın iki epidermisi arasına girerek düzensiz galeriler açarak beslenirler. Açılan bu galeriler ilerleyen dönemlerde nekrotikleşip kahverengi bir renk alır ve bitki tamamen kuruyabilir (Desneux et al., 2010).

Zararlı, yaprak dokusu içerisinde beslendiği, insektisitlere dayanıklılık gösterdiği ve hızla çoğaldığı için mücadelesi oldukça zordur. Kimyasal mücadelenin tek başına yetersiz olması nedeniyle ve etkin bir şekilde mücadele edilmediği takdirde örtüaltı ve tarla domatesinde % 80-100'e varan zarara neden olmaktadır. Söz konusu zararlıya karşı etkili ve sürdürülebilir mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu anlamda biyolojik mücadele insanlar ve diğer hedef dışı organizmalar için güvenli oluşları, yiyeceklerdeki kalıntı sorununu azaltmaları, diğer doğal düşmanların korunması ve ekosistemdeki biyoçeşitliliğin yükseltilmesi gibi avantajları sayesinde önemli bir yer tutmaktadır. Bunlar içerisinde entomopatojen nematodlar (EPN), ekonomik anlamda önemli olan birçok zararlı türü için etkili biyolojik mücadele etmenleridir (Grewal et al., 2005). Farklı habitatlarda yaşayan birçok böcek türüne karşı başarı ile kullanılmaktadır.

Entomopatojen nematodlar olan *Steinernema* ve *Heterorhabditis* türleri diğer Rhabditida takımındaki nematodlarda olduğu gibi infektif juvenillerin (IJ) oluşumu söz konusudur. Infektif juveniller uzun süre yaşamaya adapte olmuşlardır ve bağırsaklarının ön kısımlarında 0 ile 250 adet simbiyont bakteri hücresi barındırırlar (Spiridonov et al., 1991; Glazer, 1996). Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyasında olan entomopatojen nematodlar çok sayıda zararlının zorunlu patojenidirler. Bu nematodlar bağırsaklarında taşımış oldukları mutualistik bakteriler yardımı ile (*Photorhabdus* sp., *Xenorhabdus* sp.) zararlıları öldürürler (Poinar, 1990; Boemare, 2002). Beslenemeyen 3. dönem infektif juveniller doğal açıklıklardan (ağız, anüs, stigma) ya da bazı türlerde (*Heterorhabditis*) kutikula aracılığı ile konukçu böceğin hemoseline giriş yaparlar ve simbiyotik bakterilerini böcek içerisine salarlar. Gelişmekte olan nematod tarafından üretilen, konukçu böceğin savunma mekanizmasını baskılamaya yardımcı olan bu toksinler, nematod giriş yaptıktan sonra genellikle 48 saat içerisinde konukçuyu öldürürler (Dowds and Peters, 2002). Bu kadavra nematoda 1-3 dölüne kadar besin sağlar (Poinar, 1990; Kaya and Gaugler, 1993). Böcek kadavrasından çıkış yapan nematodlar yeni bir konukçu aramaya başlarlar (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Entomopatojen nematodların hayat döngüsü (Peters&Ehlers, 1997).

Entomopatojen nematodların kitle üretimlerinin *in vitro* ortamlarda yapılması ile birlikte ticari olarak üretimleride hız kazanmıştır. Entomopatojen nematodlar güvenli biyolojik mücadele etmenleridir ve süs bitkilerinde görülen toprak altı zararlıları, torf, mantar ve çilek yetiştirilen alanlarda başarı ile kullanılmıştır (Kaya and Gaugler, 1993; Ehlers, 1996). Toprakta yaşayan zararlılara ve infektif juvenillerin çevre faktörlerinden yüksek oranda korunduğu yerler olan bitki içerisindeki galerilerde yaşayan kriptik habitatlara karşı kullanımında da büyük başarılar elde edilmiştir (Begley 1990; Klein 1990; Williams and Walters, 1999; Tomalak et al., 2005).

Entomopatojen nematodlar hedef dışı omurgalılar ve çevre için güvenlidirler (Ehlers, 2003). Sıvı kültürlerde büyük oranda üretildiğinden bu yana, ürün fiyatları önemli derecede düşmüş, tarım ve ormancılık alanında uygulamaları artmıştır (Ehlers, 2001 ; Grewal et al., 2005).

Entomopatojen nematodlar çeşitli davranışlarından dolayı sürdürülebilir tarım için ve entegre mücadele yöntemleri için iyi birer aday olarak görülebilirler. Bazı türleri tekrardan yenilenip çevrede uzun süre kalabilme yeteneğine sahiptirler. Bitki patojenleri ve bitki paraziti nematodların popülasyonları üzerine direkt ya da dolaylı bir etkiye sahip olabilirler. Ayrıca toprak kalitesinin geliştirilmesinde dolaylı yoldan rol alabildikleri gibi IPM programlarında kullanılan biyolojik pestisitler ve geniş aralıktaki kimyasallar ile de uyumludurlar.

Özetle EPN'lerin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür: Geniş bir konukçu aralığına sahiptirler; konukçusunu hızlı bir şekilde öldürürler; aktif bir şekilde konukçularını arayıp onları tuzağa düşürebilirler; *in vivo* ve *in vitro* kültürlerde kolaylıkla üretilirler; konvansiyonel uygulama ekipmanları için uygundur; çevre için güvenlidir ve çoğu ülkede ruhsatlandırma çalışmalarına gerek yoktur (Shapiro-Ilan et al., 2012). Ancak EPN'lerin avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar, soğuk ortamlarda muhafaza edilmeleri, kısa raf ömürleri, enfeksiyon kabiliyetlerinin ve yaşamlarının devamı için yeterli nem oranına yani ince bir su filmi tabakasına ihtiyaç duymaları, uygun enfeksiyon için sıcaklık istekleri, UV ışınlarına olan duyarlılıkları, birçok pestisit (nematod, fumigant vb.) letal etkileri ve sınırlı toprak kimyası (yüksek tuzluluk, düşük ya da yüksek pH) gibi çevresel faktörlere bağlı kısıtlamalardır.

Bu çalışmada domates bitkisinde sorun olan ve son zamanlarda önemli kayıplara yol açan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lep: Gelechiidae)' ya karşı entomopatojen nematodların kullanım olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Entomopatojen nematodların çeşitli böcekler üzerindeki etkinlikleri ile ilgili dünyada ve Türkiye’de birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar konularına göre larvalara karşı yapılan etkinlik çalışmaları, pupa ve erginlere karşı yapılan etkinlik çalışmaları olmak üzere 2 ana başlık altında toplanarak aşağıda özetlenmiştir.

2.1 Dünyada Yapılan Çalışmalar

2.1.1 Larvalara karşı yapılan etkinlik çalışmaları

Hara et al. (1993), EPN’lerin yaprak galeri sineği *Liriomyza trifolii* (Burgess), (Diptera: Agromyzidae) üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada, Steinernematid ve Heterorhabditid türlerinin 20 ırkı tarafından infekte olan yaprak galeri sineği ölüm oranlarının % 48 ile 98 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda etkili bulunan entomopatojen nematodlar ile ticari olarak kullanılan nematod türlerinin etkilerini sera koşullarında denedikleri çalışmada larvaların ölüm oranlarının bütün ırklar için % 65’ten fazla olduğunu saptamışlardır.

Caroli et al. (1996), bazı entomopatojen nematodların enfeksiyon kabiliyetlerinin göstergesi olarak, EPN’lerin penetrasyon oranlarını birçok konukçu-parazit-substrat kombinasyonu kullanarak değerlendirmeye almışlar ve deneme substratlarının böceğin cinsine bağlı olarak değişik etkilere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca nematod etkisinin test edilen bütün böcekler için önemli ölçüde yüksek bulunduğunu ve enfeksiyon kabiliyetlerinin test edilen böceğe göre değiştiğini bildirmişlerdir.

Mason and Wright (1997), Malezya’dan izole edilen EPN’lerin [(*Steinernema* spp. (SSL85)’nin iki izolatu, *Steinernema* spp. (M87)’nin iki izolatu, *Heterorhabditis* n.sp. ve *Heterorhabditis indicus*)] *Plutella xylostella* larvaları üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çeşitli abiyotik faktörlerin (sıcaklık, uv, su kaybı) yapraklara uygulanan IJ’ler üzerinde olan etkilerini incelemişler ve nematodların enfeksiyon kabiliyetlerinin farklı sıcaklıklarda (20–25°C) türler içerisinde ve türler arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Su kaybına olan toleranslarına bakıldığında ise izolatlar arasında önemli farklar ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Uygulamadan sonraki 3 saat içinde larvalarda enfeksiyonun

başladığını gözlemlemişler ancak maksimum enfeksiyonun gerçekleşmesi için uygulamadan sonra en az 24 saatin geçmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Doz çalışmaları ise %1-18 arasında IJ'nin larvaları enfekte edebildiğini tespit etmişlerdir.

Lacey and Unruh (1998), entomopatojen nematodların elma iç kurdu *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)'nın mücadelesi üzerine yaptıkları çalışmada *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema riobrave* ve *Heterorhabditis bacteriophora* için LC_{50} değerlerini sırasıyla 4.7, 4.8 ve 6 IJ/cm² olarak tespit etmişler ve dört farklı sıcaklıkta gerçekleştirdikleri denemede *S. carpocapsae*'nin % 66-90 aralığında değişen ölüm oranları ile en etkili nematod olduğunu saptamışlardır.

Shapiro-Ilan (2001), entomopatojen nematodların 9 tür ve 15 ırkının [*H. bacteriophora* (Baine, HP88, Oswego, NJ1, ve Tf ırkları), *Heterorhabditis indica* (orjinal and Hom1 ırkı), *Heterorhabditis marelatus* (IN ve Point Reyes ırkı), *Heterorhabditis megidis* (UK211 ırkı), *Heterorhabditis zealandica* (NZH3 ırkı), *S. riobrave* (355 ırkı), *Steinernema carpocapsae* (All ırkı), *S. feltiae* (SN ırkı), ve *Steinernema glaseri* (NJ43 ırkı)] *Curculio caryae* Horn (Coleoptera: Curculionidae) larvalarının dördüncü dönemleri üzerindeki virülensliğini laboratuvar koşulları altında araştırmıştır. Nematod türleri ya da ırkları arasında virülenslikleri açısından önemli bir fark olmadığını saptamıştır. *H. bacteriophora* (Baine), *H. zealandica* (NZH3), *S. carpocapsae* (All), *S. feltiae* (SN), *S. glaseri* (NJ43), ve *S. riobrave* (355) ırkları için nematod tarafından meydana gelen ölümler (% 40-50) kontrolde meydana gelen ölümlerden farklı bulunmamıştır. Diğer bütün nematodlar kontrol grubundan daha fazla miktarda ölüme (% 55-60) neden olmuştur. *Heterorhabditis megidis* (UK211) ile nematod konsantrasyonu ile larva ölümleri arasında düzenli olarak artan bir ilişki olduğu saptanırken, *H. indica* (original) ile böyle bir ilişki saptanmamıştır.

Ansari et al. (2003), entomopatojen nematodlardan *H. megidis*, *S. feltiae*, ve *Steinernema glaseri*'nin *Hoplia philanthus* (Coleoptera: Scarabaeidae)'un üçüncü dönem larvalarına karşı olan etkinliğini belirlemek için yaptıkları denemede, *S. glaseri* (LC_{50} = 4.6 ve LC_{90} = 79.3)'nin, *H. megidis* (LC_{50} = 9.7 ve LC_{90} = 511.8)'e göre daha etkin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca *S. feltiae*'nin letal dozunun *Hoplia philanthus* larvalarına karşı düşük virülensinden dolayı belirlenemediğini saptamışlardır.

Lola-Luz et al. (2005), İrlanda’da çilek yetiştirilen bir arazide yaptıkları denemede asma hortumlu böceği *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) larvalarının mücadelesinde, 2001-2002 yılları arasında farklı zamanlarda uygulanan entomopatojen nematodların etkisini araştırmışlardır. Yalnız bir kere yapılan uygulama sonucunda (Mayıs 2001), asma hortumlu böceği larvalarında *H. megidis* (UK211) ile % 93.4 oranında, *H. downesi* (K122)’nin ise % 51.3 oranında ölüme sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Yılda iki kez yapılan uygulamalar sonucunda sırasıyla (Mayıs 2001, Ekim 2001) % 78.9 ve 77.6, yılda üç kez yapılan uygulamalar sonucunda ise (Mayıs 2001, Ekim 2001, Ekim 2001 ve Mayıs 2002) % 93.7 ve 88.1 oranında ölüm meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Mbata and Shapiro-Ilan (2005), kuru meyve güvesi *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) ergin ve larvalarına karşı yedi farklı Heterorhabditid nematod tür ve ırklarının virülensliğini değerlendirdiği denemede, *H. indica*, *H. megidis*, ve *H. marelatus*’un en yüksek virülensliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ergin kuru meyve güvesi bireylerinin nematodlara larvalardan daha duyarlı olduğunu, nematod ırklarına maruz kaldıktan sonra yaşayabilen kuru meyve güvesi erginlerinde yumurta bırakmanın en azından % 44 oranında önemli ölçüde düştüğünü saptamışlardır.

Schroer and Ehlers (2005), entomopatojen nematodlardan *S. carpocapsae*’nin lahana yaprak güvesi *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)’nın mücadelesinde lahana yaprağına yapılan uygulamaların (surfaktan, desikasyon önleyiciler) etkisini araştırdığı denemede, formülasyon kullanımının ana avantajının nematodların yaşam oranını arttırmak için değil, yapraklar üzerindeki konukçunun nematod tarafından istilasını desteklemek için uygun çevre koşulları sağlamak olduğunu belirtmişlerdir.

Batalla-Carrera et al. (2010), üç entomopatojen nematod türünün (*S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*) *T. absoluta* larvalarına karşı olan etkinliğini incelediği denemede yüksek oranda larva ölümleri (% 78.6–100) gözlemlenmiştir. Ayrıca böcek larvaları ile bulaştırılmış domates bitkisinin yapraklarında böcek bulaşıklığının % 87–95 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Garcia-del Pino et al. (2013) aynı türün farklı ırklarıyla yaptıkları benzer bir çalışmada pupa olmak için toprağa düşen larvaların ölüm oranlarını *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırasıyla % 100, 52,3 ve 96,7 olduğunu tespit etmişlerdir.

Hassani-Kakhki et al. (2013), entomopatojen nematodların İran'a ait yerel ve ticari ırklarının patates güvesi *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)'ya olan duyarlılıklarını araştırdıkları denemede *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın patates güvesinin larva ve prepupa dönemlerinin ikisine de en yüksek oranda (% 70-90) ölüme sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Hiltpold et al. (2012), mısır kök kurdu zararlısı *Diabrotica virgifera virgifera* (Leconte)'ya (Coleoptera: Chrysomelidae) karşı yüksek virülenslik gösteren bir nematod olan *H. bacteriophora*'nın, polisakkarit kabuk içerisinde enkapsüle edilmiş halinin zararlının mücadelesi üzerine olan etkilerini araştırdıkları denemede, enkapsüle edilmiş *H. bacteriophora*'nın toprak yüzeyine su ile püskürtülenden daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Garcia-del Pino et al. (2013), yaptıkları nematod-insektisit etkileşimi denemesinde test edilen insektisitlerin entomopatojen nematodların yaşam oranları, enfeksiyon kabiliyetleri ve üremeleri üzerine çok az etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. İnsektisit uygulamasından sonra yapraktan düşen *T. absoluta* larvalarının, nematodlar için uygun konukçular olabileceğini ve böylelikle toprakta kalma süresini ve yoğunluğunu artıracağını tespit etmişlerdir.

2.1.2 Pupa ve erginlere karşı yapılan etkinlik çalışmaları

Batalla-Carrera et al. (2010), üç entomopatojen nematod türünün (*S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*) *T. absoluta* pupalarına karşı olan etkinliğini araştırdığı çalışmada, pupa ölümlerinin % 10'dan az olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı şekilde Garcia-del Pino et al. (2013), benzer bir çalışmada *S. carpocapsae* ve *S. feltiae* tarafından pupa ölümlerinin olmadığını saptamışlar ancak çıkış yapan erginlerin ölüm oranlarını *S. carpocapsae* için % 79,1 ve *S. feltiae* için % 0,5 olduğunu tespit etmişlerdir.

Lacey ve Unruh (1998), entomopatojen nematodlardan *S. carpocapsae*, *S. riobrave* ve *H. bacteriophora*'nın elma iç kurduna olan etkilerini değerlendirdiği çalışmada, elma iç kurdunun ergin çıkışlarının sırasıyla % 83, 31 ve 43 oranında azaldığını gözlemlemişlerdir.

2.2 Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

2.2.1 Larvalara karşı yapılan etkinlik çalışmaları

Kepenekçi ve Halıcı (2004), entomopatojen nematodların yeşil kurt *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ve mısır kurdu *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae)’e karşı etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada *H. bacteriophora* (Silifke ırkı) uygulamasında % 83,33 oranında ölüm, *S. carpocapsae* (Anamur ırkı) uygulamasında ise % 66,66 oranında ölüm meydana geldiğini tespit etmişlerdir. *Ostrinia nubilalis* ile yapılan çalışmada ise *H. bacteriophora* için bu oran yine % 83,33, *S. carpocapsae* için ise % 91,66 olduğunu bildirmişlerdir.

Susurluk (2006), Türkiye’de ilk defa izole edilen *Steinernema weiseri* ve *S. feltiae*’nin değişik koşullarda etkinlik ve üreme kapasitelerini karşılaştırdığı çalışmada *S. weiseri*’nin, *S. feltiae*’ye göre daha etkili olduğu ve biyolojik mücadelede kullanımının daha yararlı olabileceğini tespit etmiştir.

Oğuzoğlu ve Özer (2007), Karadeniz kıyılarından izole edilen ilk entomopatojen nematod olarak kayıtlara geçen *S. feltiae*’nin bütün ırklarının enfeksiyon kabiliyetini farklı koşullarda değerlendirip başka bir entomopatojen olan *H. bacteriophora* Tur-H2 ile karşılaştırılmasını incelemişlerdir. Çalışmada uzun süre temasın, yüksek oranda enfeksiyon ile sonuçlandığını gözlemlemişler ve ayrıca nematod ve konukçusunun temas halinde olduğu küçük çaplı petri kaplarında nematodların etkinliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Arthropod konukçular arasında olan *Plodia interpunctella*, entomopatojenler için en uygun konukçu olan *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae)’dan sonra en yüksek duyarlılığı gösterdiği saptanmış ve *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) ve *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvaları her iki entomopatojen nematoda en az duyarlı konukçu olarak tespit edilmişlerdir.

Susurluk (2010), kanola bitkisinde zararlı olan lahana sineği *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae)’ne karşı yaptığı çalışmada *S. feltiae*’nin etkinliğinin % 80 oranında olduğunu saptamış ve nematodun topraktaki kalıcılığını 12 hafta olarak tespit etmiştir. Nematodun zararlının bulunduğu ortamda farklı sıcaklıklardaki besin arama davranışının larvalara doğru olduğunu bildirmiştir.

Atakan ve Gözel (2013), kırmızı palmyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Dryophthoridae)’nin Adana’da süs bitkisi

olarak yetiştirilen yalancı hurma ağaçlarında (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud) 2008-2009 yılları arasında saptanmış olan doğal enfeksiyonlarını değerlendirmek için yürüttükleri çalışmada EPN türünün *H. bacteriophora* olduğunu saptamışlardır. Entomopatojen nematod enfeksiyonu sonucu ölen böcek larvalarındaki ölüm oranlarının 2008 yılında (% 72.37) 2009 yılına (% 22.06) göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Gözel ve Güneş (2013), üç farklı entomopatojen türk izolatının mısır koçan kurdu *Sesamia cretica* (Lepidoptera: Noctuidae) larvalarına farklı sıcaklıklarda olan etkinliklerini araştırdıkları denemede larva ölüm oranlarını 15°C’de, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırası ile % 48, 56 ve 14 olarak tespit etmişlerdir. Bu oranı 20 °C’de, % 62, 76 ve 50, 25 °C’de, % 82, 90 ve 90, denemede kullanılan en yüksek sıcaklık olan 30 °C’de ise % 82, 92 ve 94 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar ile *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*’nin uygulandığı tüm sıcaklıklarda birbirine yakın sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Ayrıca sıcaklığın artması ile birlikte etkinliklerinin arttığını ortaya koymuşlardır.

Kepenekçi vd. (2013), Türkiye’de daha önce tespit edilen entomopatojen nematodların ağ kurdu *Yponomeuta mallinellus* Zell. ve *Y. padella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) larvaları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, *Y. mallinellus* larvaları üzerinde *H. bacteriophora* (Tur-H2) ırkının en yüksek etkiye (% 63.82) sahip olduğunu, *S. feltiae* (Tur-S3)’nin (% 49.9) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1)’nin (% 38.8) bunları takip ettiğini ve en düşük etkinin ise *S. feltiae* (All type) ırkında (% 33.3) görüldüğünü tespit etmişlerdir. Diğer ağ kurdu türü olan *Y. padella* larvaları üzerinde ise en yüksek etkiyi *H. bacteriophora* (Tur-H2)’nin gösterdiğini (% 88.8), bunu aynı etkiye sahip (% 49.9) *S. feltiae* (Tur-S3) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1)’nin takip ettiğini ve en düşük etkinin aynı şekilde *S. feltiae* (All type) (% 38.8) ırkında görüldüğünü bildirmişlerdir. Ağ kurdu larvaları üzerindeki en yüksek etkinin *Y. padella*’da bulunduğunu ve en yüksek etkiye sahip ırkın *H. bacteriophora* (Tur-H2) olduğunu saptamışlardır.

Erbaş vd. (2014), Türkiye’nin Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki çeşitli tarım arazilerinden izole ettikleri entomopatojen nematodların teşhislerini yapıp bunların Mayıs böceği *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae)’nın biyolojik mücadelesinde kullanım potansiyellerini araştırmışlardır. Toplamda 5 tanesi *H. bacteriophora* (ZET02, ZET04, ZET09, ZET28, ve ZET35) ve 2 tanesi de *S. feltiae* (ZET31 and ZET76) olmak üzere 7 izolat elde etmişlerdir. Bunlardan ZET09 ve

ZET35 izolatlarından 25°C 'de ölüm elde edildiğini bildirmişlerdir. Sakı denemesinde ise aynı izolat ile % 100 koruma sağlandığını tespit etmişlerdir.

Gözel vd. (2014), Türkiye topraklarından izole edilen dört farklı entomopatojen nematodun farklı izolatları ile yaptığı laboratuvar çalışması sonucunda en etkili olarak bulunan dört izolatın *T. absoluta* larvaları üzerinde farklı sıcaklıklardaki etkinliklerini kontrollü doğa koşullarında araştırmışlardır. Deneme sonucunda elde edilen EPN etkinliklerinin laboratuvar ve doğada farklı olduğunu bildirmişlerdir. Laboratuvar koşullarında, *S. feltiae* % 8.33-91.6, *H. bacteriophora* % 0-87.5, *S. affinae* % 8.3-83.3, *S. carpocapsae* %12.5-87.5 oranında ölüm meydana getirdiklerini saptamışlardır. Doğada yapılan çalışmada ise *S. feltiae* % 0-95.6, *H. bacteriophora* % 0-85.5, *S. affinae* % 0-41.2, *S. carpocapsae* % 0-47.4 oranlarında ölüm meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir.

Gülcü vd. (2014), Türkiye'den izole edilen yerel entomopatojen nematodlardan *S. carpocapsae* (Rize), *S. feltiae* (Aydın), *S. weiseri* (Ankara), *H. bacteriophora* (Aydın) ve *H. bacteriophora* (Sarigerme) izolatlarının *Spodoptera ciliun* (Lepidoptera: Noctuidae)'a karşı kontrol potansiyellerini araştırdıkları denemede larvalara karşı yapılan uygulamalarda %100'e yakın ölüm oranları tespit etmişlerdir. Çimlerde yapılan uygulamada ise *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* (Sarigerme izolatı) ayrı ayrı % 77 ve % 29 oranında ölümlere sebep olduğu bildirilmiştir.

2.2.2 Pupa ve erginlere karşı yapılan etkinlik çalışmaları

Susurluk ve Ökten (2000), *H. maraleta*, *H. bacteriophora* ve *S. feltiae*'nin *Blattella germanica* Linnaeus (Blattodea: Blattellidae) erginleri üzerine etkilerini öldürme süresi yönünden incelemişlerdir. Popülasyonun yarısının ölümü için geçen süre *S. feltiae* ve *H. maraleta* için aynı, *H. bacteriophora* için daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Popülasyonun tamamının ölümü için geçen süre ise etki sırasına göre; *S. feltiae*, *H. maraleta* ve *H. bacteriophora* olarak bulunmuştur.

Atakan ve Gözel (2013), kırmızı palmyeböceği'nin Adana'da süs bitkisi olarak yetiştirilen yalancı hurma ağaçlarında 2008-2009 yılları arasında saptanmış olan doğal enfeksiyonlarını değerlendirmek için yürüttükleri çalışmada *H. bacteriophora* ile infekteli olduğu saptanan böceklerde, her iki yılda da pupa ölümlerinin % 80'nin üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Ergin bireylerdeki ölüm oranlarını ise her iki yılda da % 10'dan daha düşük bulmuşlardır.

3. MATERİYAL VE METOT

Bu çalışma 2013-2014 yılları arasında bazı entomopatojen nematod türlerinin *Tuta absoluta* (Metrick, 1917)'ya karşı etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümüne ait Nematoloji laboratuvarında yürütülmüştür.

3.1 Materyal

Denemede kullanılmak üzere kültürü oluşturulacak olan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)'nin başlangıç popülasyonu (larva ve pupa) Yrd. Doç. Dr. Fatih DAĞLI'nın Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'ndeki kültüründen sağlanmıştır.

Tuta absoluta'nın yetiştirilmesinde konukçu bitki olarak kullanılmak üzere, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'nden sağlanan Şimşek çeşidi domates fideleri 40 adet saksıya (saksı başına 3'er adet fide gelecek şekilde) dikilmiştir.

Çalışmada etkinliği araştırılan entomopatojen nematod preparatları (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*) e-nema GmbH (Schwentinental, Almanya) firması tarafından temin edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan entomopatojen nematod türleri

Nematodun türü	Ticari ismi
<i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev, 1934)	Nemaplus
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser, 1955)	Nemastar
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar, 1975)	Nematop

Entomopatojen nematodların *in vivo* olarak üretimleri Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nematoloji Laboratuvarında yetiştirilen bal mumu güvesi *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları kullanılarak sağlanmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Konukçu bitki üretimi

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'ne ait bir serada, içerisinde sterilize edilmiş kum ve torf karışımı bulunan saksılara 40 adet Şimşek çeşidi domates fideleri iki ayda bir düzenli olarak dikilmiştir (Şekil 3.1). Fideler şaşırtıldıktan on beş gün sonra sıvı gübre ilavesi (0,05 g N; 0,1 g P₂O₅; 0,1 g K₂O/saksı) yapılmıştır.



Şekil 3.1. Saksılara dikilen domates fidelerinin serada üretimi.

Gerekli görüldüğü takdirde Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait organik domates yetiştiriciliği yapılan bir seradan takviye olarak taze domates dalları alınıp kullanılmıştır. Bitkiler iki günde bir kontrol edilip sulama işlemleri yapılmıştır. Ayrıca sera içerisinde optimum sıcaklığı sağlamak üzere bir adet ısıtıcı yerleştirilmiştir.

3.2.2 *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) üretimi

Kültürü yapılmak üzere laboratuvara getirtilen *T. absoluta* larva ve pupaları saklama kabı içerisinde ergin oluncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Üretime başlamak için taze domates dalları içi su ile dolu cam kavonozlar içerisine konulup 0,5x1x0,5 m ebatlarında iki bölmeli tahtadan yapılmış, ön kısmı ergin kaçışını engellemek için tül ile kaplı kafes içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) yetiştirilmesinde kullanılan kafesler.

Ergin olan bireyler yumurtlamaları için temiz bitki bulunan kısma aktarılmıştır. Erginlerin beslenmesi için şekerli suyla ıslatılmış pamuk konulmuştur. Yaklaşık beş gün içinde yumurtadan çıkan larvalar çok kısa bir sürede yaprakta galeriler açarak beslenmektedir (Şekil 3.3). Haftada bir erginlerin olduğu bölmede bulunan bitkiler değiştirilip, yan taraftaki bölmeye alınarak saklama kapları içerisine konulmuş, ergin ve pupa elde etmek için bekletilmiştir. Erginler çıkış yaptıktan sonra ağız aspiratörü yardımıyla ergin bölmesine aktarılmıştır. Ergin bölmesi içindeki kafese ise temiz bitki konulmuştur. Bu şekilde süregelen işlemler ile *T. absoluta* kültürünün devamı sağlanmıştır.



Şekil 3.3. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)'nin zarar şekli a) *Tuta absoluta* larvasının olgunlaşmamış domates meyvesi üzerindeki zararı; b) Larvaların yaprak epidermisinde açmış olduğu galeriler.

3.2.3 *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının üretimi

Galleria mellonella larvaları yapay besi ortamında (% 22 buğday irmiği, % 22 kepek, % 11 bal, % 11 glycerol, % 5.5 maya, % 17.5 bal mumu) 35°C’de Nematoloji laboratuvarında cam kavanozlar içerisinde üretilmiştir (Şekil 3.4). Ergin bireyler ve larvalar ayrı ayrı kavanozlarda tutulmuştur. Erginlerin yumurtlaması için kavanozların üzerine kağıt yerleştirilmiştir. Haftada bir kez yumurtalar alınarak temiz bir besi kabı içerisine aktarılmıştır. Bu şekilde tekrarlanarak üretime devam edilmiştir.



Şekil 3.4. *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) larvalarının kitle halinde üretimi.

3.2.4 Entomopatojen nematodların üretimi

Çalışmada kullanılan entomopatojen nematodlar (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*) e-nema GmbH (Schwentinental, Almanya) firması tarafından ticari olarak üretilen kil formunda preparatlar halinde soğuk zincirde muhafaza edilerek Nematoloji laboratuvarına ulaştırılmıştır. Bu şekilde getirilen preparatların raf ömrü kısa olduğu için (6 hafta), nematodlar *in vivo* olarak büyük bal mumu güvesi *G. mellonella* son dönem larvası kullanılarak çoğaltılmış (Şekil 3.5) ve bu şekilde muhafaza edilmiştir (Kaya & Stock, 1997). Farklı gruptaki *Galleria* larvaları (her grup 5 adet larvadan oluşacak şekilde) 80-100 adet IJ/larva kullanılarak inoküle edilmiş ve 25°C’de karanlıkta inkübe edilmiştir. *Steinernema* cinsine ait nematodların inokülasyonu için, içerisine filtre kağıdı yerleştirilmiş petri kaplarına 5 adet son dönem *G. mellonella* larvası konularak inokülasyon yapılmıştır. *Heterorhabditis* cinsi nematod inokülasyonunda ise içerisine % 10 nemlendirilmiş steril kum bulunan petri kabı içerisine yerleştirilen larvalara nematodlar inoküle edilmiştir. *Steinernema* nematodları için inokülasyondan yaklaşık 3-4 gün sonra, *Heterorhabditis* için ise 7 gün sonra, ölmüş *G. mellonella* kadavraları,

büyük bir petri kabı içerisine ters çevrilmiş küçük bir petrinin kapatılmasıyla oluşan White trap düzeneğine aktarılmıştır. Yaklaşık iki hafta içerisinde böcek kadavrasından White trap içerisine çıkış yapan infektif juveniller toplanarak Ringer solüsyonu (9.0 g NaCl; 0.42 g KCl, 0.37 g $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$; 0.2 g NaHCO_3 ; 1 l saf su) bulunan flaskler içerisine alınmış ve denemede kullanılmak üzere buzdolabında saklanmıştır.



Şekil 3.5. Entomopatojen nematodların *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) larvası aracılığıyla çoğaltım aşamaları; a) EPN'lerin son dönem *G. mellonella* larvalarına inokülasyonu; b) EPN enfeksiyonu sonucu ölen larvalar; c) Larvaların White trap düzeneğine alınması; d) Kadavradan çıkış yapan bireylerin flasklar içerisinde saklanması.

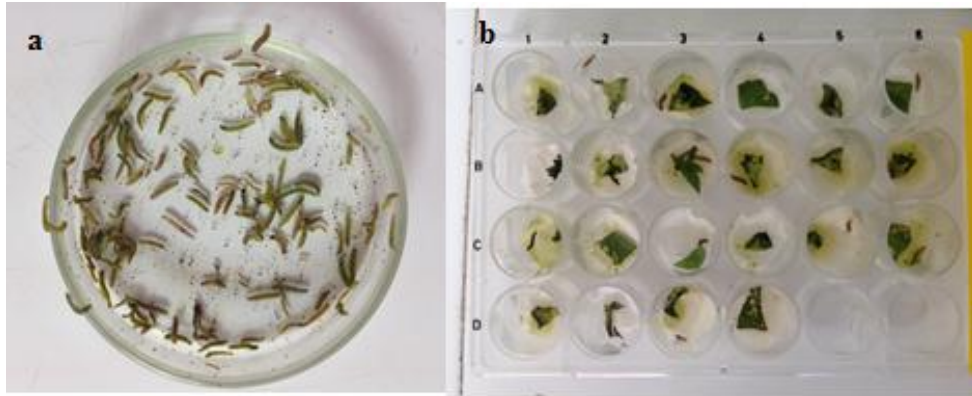
3.2.5 Entomopatojen nematodların uygulanması

Uygulamalar *T. absoluta*'nın yaprak dışındaki 3. dönem larvasına, yaprak galerisi içerisindeki son dönem larvasına ve pupa dönemine karşı farklı dozlarda uygulanmıştır.

Deneme her bir nematod türü için 20 tekkerrürlü olacak şekilde üç defa (toplamda 60 adet larva) tekrarlanmıştır. Her bir grup için 20 tane birey kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Her bir tür için ölü ve canlı birey sayıları tespit edilmiş ve veri analizleri yapılmıştır.

3.2.5.1 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına entomopatojen nematod uygulaması

Yeterli sayıda larva elde edildiğinde deneme gerçekleştirilmiştir. Bulaşık yapraklar üzerinden yumuşak uçlu pens yardımıyla toplanan 3. dönem *T. absoluta* larvaları, içerisine uygun boyutlarda filtre kağıdı kesilmiş 24 kuyucuklu plateler içerisine domates bitkisinden kesilmiş yaprak diskleri konulduktan sonra, her bir kuyucuğa bir adet larva gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.6). Her bir plate için 20 adet larva kullanılmıştır. Denemede kullanılan her bir nematod türü için 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 IJ/larva olacak şekilde 8 farklı doz ve kontrol grubu kullanılmıştır. Nematodlar kullanılmadan önce bir süre oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra canlılıkları mikroskop altında kontrol edilmiştir. Gerekli sayımları yapıldıktan sonra, uygun dozlarda ayarlanan nematod solüsyonları eppendorf tüp içerisinden mikropipet yardımıyla böcek larvalarına inokule edilmiştir. Kontrol grubuna ise sadece su verilmiştir. Platelerin üzeri böcek larvalarının başka kuyucuklara hareketini engellemek için önce streç film yardımıyla kapatılmış ve daha sonra platelerdeki dehidrasyonu önlemek için kenarları parafilm yardımıyla kapatılıp üzerine inokulasyon bilgileri yazılarak 25°C’de inkübatöre alınmıştır.



Şekil 3.6. Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına entomopatojen nematod uygulaması a) Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvaları; b) Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki larvalara plateler içerisinde uygulanması.

3.2.5.2 Yaprak içindeki *Tuta absoluta* larvalarına entomopatojen nematod uygulaması

Yaprak içerisinde açtıkları galerilerde tespit edilen son dönem *T. absoluta* larvaları, içlerinde larvaların beslendiği yapraklar ile birlikte uygun boyutlarda küçültülerek, önceden filtre kağıdı yerleştirilmiş 12 kuyucuklu plateler içerisine

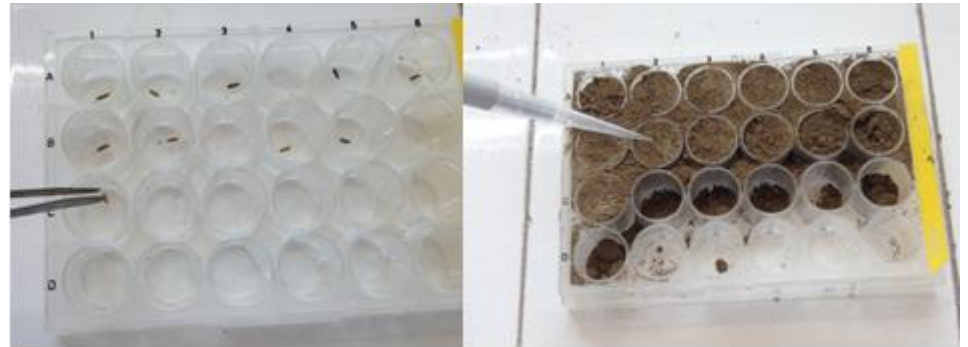
yerleştirilmiştir (Şekil 3.7). Her bir bölmeye bir önceki denemede en etkin bulunan nematod olan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozu verilmiştir. Üzerleri aynı şekilde kapatılarak 25°C'de inkübe edilmiştir.



Şekil 3.7. Yaprak içindeki *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına entomopatojen nematod uygulaması a)Yaprak içerisindeki galerilerde bulunan *Tuta absoluta* larvaları;b) Yaprak içindeki larvalara entomopatojen nematod uygulaması.

3.2.5.3 *Tuta absoluta*'nın pupa dönemlerine entomopatojen nematod uygulaması

Yetiştirme kafesinden elde edilen pupalar toplandıktan sonra, önce boş plateler içerisindeki kuyucuklara yerleştirilmiştir. Üzerlerine % 10 nemlendirilmiş steril kum ilave edildikten sonra yaprak dışındaki larvalara en etkin bulunan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozu mikropipet yardımıyla pupalara inokule edilmiştir (Şekil 3.8). Platelerin kenarları parafilm ile kapatıldıktan sonra 3-4 gün süre ile 25°C'de inkübe edilmiştir.



Şekil 3.8. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)'nin pupa dönemlerine entomopatojen nematod uygulaması.

3.2.6 Enfekteli *Tuta absoluta* larvalarında entomopatojen nematod varlığının saptanması

Yapılan entomopatojen nematod uygulamalarından sonra *T. absoluta* larvaları nematodun etki etme süresine bağlı olarak 3 ya da 7. günün sonunda bir pens ve bistüri yardımıyla parçalanarak stereomikroskop altında incelenmiştir. İncelemelerde böceğin uygulama yapılan biyolojik döneminin içerisinde entomopatojen nematod varlığının saptanması halinde söz konusu bireyin ölüm nedeni olarak ilgili nematod türü kaydedilmiştir.

Entomopatojen nematodlar ile enfekteli böcek larvalarında ölümden kısa bir süre sonra renk değişimi ve yumuşama gözlenmektedir. Steinernematidler ile enfekteli olan larvaların rengi kahverengimsi, koyu sarı ya da tamamen siyaha kadar değişen renklere dönüşürken (Şekil 3.9), Heterorhabditidler ile enfekteli olan larvaların rengi kiremit kırmızısı, mor, turuncu, sarı veya yeşil renkte olabilmektedir (Şekil 3.10). Ayrıca Steinernematid enfeksiyonu sonucunda böcekler yumuşak ve gevşek bir görünüm almaktayken, Heterorhabditid enfeksiyonlarında daha sıkı bir görüntüye sahiptirler. Ayrıca EPN enfeksiyonu sonucunda kadavralardan asla kötü bir koku yayılmaz ve çürümeler gözlenmez. Kadavra hiçbir şekilde bütünlüğünü kaybetmez ancak Heterorhabditid ile enfekteli olan kadavraların içeriği sakızimsı bir hale dönüşür (Koppenhöfer, 2007).



Şekil 3.9. Entomopatojen nematodlardan Steinernematidler ile enfekteli *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod varlığının tespiti.



Şekil 3.10. Entomopatojen nematodlardan *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975) ile enfekteli *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod varlığının tespiti.

3.2.7 İstatistikî analiz

Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS (Version 15.00; SPSS, Chicago, IL, USA) istatistik yazılım programı kullanılarak istatistikî analize tabi tutulmuştur. Ortalama ölüm oranları varyans analizleri (ANOVA) yöntemi ile karşılaştırılmış ve gruplar Duncan testine göre belirlenmiştir. Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki larvalar üzerindeki ölüm oranlarına ait verilere varyans analizi yapılmadan önce ölüm oranları Abbots Formülüne (Abbott, 1925) göre hesaplanmış ve daha sonra bu verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar Biostat[®]2009 programı kullanılarak Probit Analizine tabi tutulmuş ve LD₅₀ değerleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda ticari olarak kullanılan üç farklı entomopatojen nematod türünün (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*) 1 ile 40 IJ/larva aralığında değişen 8 farklı dozunun, yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* larvaları üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, nematod türlerinin etkinliklerinin kendi içinde değerlendirilmesi ve bu üç farklı EPN türünün etkinliklerinin belirlenen dozlarda karşılaştırılması olmak üzere iki şekilde incelenmiştir. Daha sonra her üç türün LD₅₀ değerleri hesaplanıp bunlar içerisinde en yüksek etkiye sahip olan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozunun yaprak içerisinde bulunan larvalara ve pupalara olan etkisi tespit edilmiştir.

4.1 Entomopatojen Nematodların Yaprak Dışındaki *Tuta absoluta* Larvalarına Etkileri

Yaprak dışındaki *T. absoluta* larvalarına yapılan üç farklı EPN uygulamaları sonucunda elde edilen veriler, nematod türleri açısından etkinlik verileri ve nematod dozları açısından etkinlik verileri olmak üzere iki alt başlık altında verilmiştir.

4.1.1 Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına nematod türleri açısından etkinlikleri

Yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvalarına yapılan 8 farklı dozdaki (1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 IJ/larva) EPN uygulamalarının sonucunda elde edilen ölüm oranları Abbott formülüne göre (Abbott, 1925) her bir nematod türü için (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*) ayrı ayrı hesaplanıp varyans analizine tabi tutulmuş ve her bir tür tüm uygulama dozlarında kendi içerisinde karşılaştırılıp, gruplamalar Duncan testine göre belirlenip çizelgeler halinde verilmiştir.

Steinernema feltiae için farklı dozlarda yapılan uygulamalar sonucunda ölüm oranlarının % 17.46 ile 95.24 aralığında değiştiği görülmüştür. En yüksek ölüm oranına 40 IJ/larva dozunda ulaşılmıştır. Denemede kullanılan 5 IJ/larva dozundan (% 69.84) 10 IJ/larva dozuna (% 62.11) geçişte ölüm oranlarında azalma olduğu görülmüştür. Ancak bu fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bunun yanı sıra 1, 2 ve 5 IJ/larva dozlarındaki ölüm oranları birbirleri ile karşılaştırıldığında ayrı ayrı istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Son olarak 15, 20, 25 ve 40 IJ/larva uygulama dozlarındaki ölüm oranlarının istatistiki olarak aynı olduğu tespit edilmiştir ($F=35.957$; $df= 7$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Doz	Ölüm oranı (%)		
1	17.46±1.59	(14.29-19.05)	a
2	30.16±3.17	(23.81-33.33)	b
5	69.84±8.84	(52.38-80.95)	c
10	62.11±8.07	(48.24-76.19)	cd
15	77.78±1.59	(76.19-80.95)	de
20	82.54±1.59	(80.95-85.71)	de
25	90.48±2.75	(85.71-95.24)	e
40	95.24±2.75	(90.48-100.00)	e

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (P≤0.05).

Steinernema carpocapsae için bakıldığında ise ölüm oranlarının % 28.79 ile 99.39 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek ölüm oranına 40 IJ/larva dozunda ulaşılmıştır. Ancak en yüksek ölüm oranına ulaşılan doz olan 40 IJ/larva dozunun 20 ve 25 IJ/larva dozları ile arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. Ancak 5 ve 10 IJ/larva dozlarındaki ölüm oranlarının istatistiki olarak önemli bir fark oluşturduğu saptanmıştır (F= 34.473; df= 7; P ≤ 0.05) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Doz	Ölüm oranı (%)		
1	28.79±4.01	(22.73-36.36)	a
2	36.36±2.62	(31.82-40.91)	ab
5	45.45±7.87	(31.82-59.09)	b
10	69.70±6.06	(63.64-81.82)	c
15	83.33±8.02	(68.18-95.45)	cd
20	93.94±1.51	(90.91-95.45)	d
25	95.45±0.00	(95.45-95.45)	d
40	99.39±0.61	(98.18-100.00)	d

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir (P≤0.05).

Heterorhabditis bacteriophora için farklı dozlardaki EPN uygulamaları sonucundaki ölüm oranlarının % 21.21 ile 74.24 aralığında olduğu gözlenmiştir. En yüksek ölüm oranına 40 IJ/larva dozunda ulaşılmış ancak en yüksek ölüm oranının sağlandığı doz olan 40 IJ/larva dozu ile 20 ve 25 IJ/larva dozları arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ayrıca 1, 2 ve 5 IJ/larva dozlarının birbirlerine kıyasla istatistiki olarak aynı etkiye sahip olduğu gözlenmiştir ($F= 12.019$; $df= 7$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975)'nin farklı dozlarındaki ölüm oranları [($\bar{X} \pm SH$), (min, maks)], (n=60)

Doz	Ölüm oranı (%)		
1	21.21 $\pm$ 1.52	(18.18-22.73)	a
2	25.76 $\pm$ 1.52	(22.73-27.27)	ab
5	31.82 $\pm$ 5.25	(22.73-40.91)	abc
10	39.39 $\pm$ 8.02	(27.27-54.55)	bc
15	42.42 $\pm$ 1.51	(40.91-45.45)	cd
20	59.09 $\pm$ 9.46	(45.45-77.27)	de
25	65.15 $\pm$ 1.51	(63.64-68.18)	e
40	74.24 $\pm$ 7.58	(59.09-81.82)	e

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üç farklı entomopatojen nematodun (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*) yaprak dışındaki *T. absoluta* larvaları üzerinde % 17.46 ile 99.39 arasında etkiye sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Batalla-Carrera et al. (2010) yapmış oldukları denemede bu çalışmada kullanılan üç entomopatojen nematodunun farklı ırkları ile % 78.6 ile 100 arasında değişen ölüm oranları elde etmişlerdir. Aynı şekilde Garcia-del Pino et al. (2013), *T. absoluta* larvaları ile yaptıkları çalışmada 50 IJ/cm² dozunda bu çalışmada kullanılan her üç EPN türü için (sırasıyla % 100, 52.3 ve 96.7) yüksek oranda ölüm oranları gözlemlemişlerdir. Hara et al. (1993) yaprak galeri sineği larvalarına karşı farklı EPN ırkları ile yaptıkları çalışmada larvaların ölüm oranlarının bütün ırklar için % 65 'ten fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.2 Entomopatojen nematodların yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına nematod dozları açısından etkinlikleri

Yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvalarına yapılan 8 farklı dozdaki (1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 IJ/larva) 3 farklı türe ait (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*) EPN uygulamalarının sonucunda elde edilen ölüm oranları Abbott formülüne göre (Abbott, 1925) her bir doz için ayrı ayrı hesaplanıp varyans analizine tabi tutulmuş, gruplar Duncan testine göre belirlenmiş ve üç farklı nematod türünün belirlenen dozlardaki etkinliğinin karşılaştırılması amacıyla ayrı ayrı çizelgeler halinde verilmiştir.

Farklı uygulama dozlarında elde edilen ölüm oranlarının genel olarak doz artışı ile birlikte doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Tüm türler için ölüm oranlarının % 17.46 ile 99.39 arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarında entomopatojen nematod türlerinin farklı uygulama dozlarındaki (IJ/larva) ölüm oranları

Nematod türü	Ölüm oranı (%)							
	1	2	5	10	15	20	25	40
<i>S. feltiae</i>	17.46	30.16	69.84	62.11	77.78	82.54	90.48	95.24
<i>S. carpocapsae</i>	28.79	36.36	45.45	69.70	83.33	93.94	95.45	99.39
<i>H. bacteriophora</i>	21.21	25.76	31.82	39.39	42.42	59.09	65.15	74.24

4.1.2.1 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 1 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yaprak dışında bulunan *Tuta absoluta* larvalarına 1 IJ/larva olarak verilen uygulama dozunda elde edilen en yüksek ölüm oranı % 28.79 ile *S. carpocapsae*'de gözlenmiştir. *Steinernema feltiae* ile *S. carpocapsae*'nin ölüm oranları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ancak *S. carpocapsae* (% 28.79) ile *H. bacteriophora* (% 21.21) türleri için bakıldığında ise her ikisinin ölüm oranları açısından istatistiki olarak önemli bir fark saptanmamıştır ($F= 4.782$; $df= 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Nematod türlerinin 1 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	17.46±1.59	(14.29-19.05)	a
<i>S. carpocapsae</i>	28.79±4.00	(22.73-36.36)	b
<i>H. bacteriophora</i>	21.21±1.52	(18.18-22.73)	ab

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

4.1.2.2 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 2 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan uygulamada 2 IJ/larva dozundaki en yüksek ölüm oranı % 36.36 ile *S. carpocapsae*'de gözlenmiştir. Ayrıca en yüksek ölüm oranının sağlandığı *S. carpocapsae* ile en düşük ölüm oranına sahip olan *H. bacteriophora* (% 25.76) ölüm oranları arasında istatistiki olarak önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Her iki *Steinernema* spp. arasındaki ölüm oranlarının ise istatistiki olarak aynı olduğu tespit edilmiştir ($F= 4.427$; $df= 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Nematod türlerinin 2 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	30.16±3.17	(23.81-33.33)	ab
<i>S. carpocapsae</i>	36.36±2.63	(31.82-40.91)	b
<i>H. bacteriophora</i>	25.76±1.51	(22.73-27.27)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

4.1.2.3 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 5 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan uygulamada 5 IJ/larva uygulama dozunda en yüksek ölüm oranına sahip olan tür % 69.84 ile *S. feltiae* olmuştur. En düşük ölüm oranı % 31.82 ile *H. bacteriophora*'da gözlenmiş olup *S. feltiae* ile aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. *Steinernema carpocapsae* ise % 45.45 ölüm oranına sahip olup *S. feltiae* ile aralarında istatistiki olarak önemli bir fark saptanmamıştır ($F=6.641$; $df= 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Nematod türlerinin 5 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	69.84±8.84	(52.38-80.95)	b
<i>S. carpocapsae</i>	45.45±7.87	(31.82-59.09)	ab
<i>H. bacteriophora</i>	31.82±5.25	(22.73-40.91)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

4.1.2.4 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 10 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan uygulamada 10 IJ/larva olarak verilen dozdaki en yüksek ölüm oranının görüldüğü tür % 69.70 ile *S. carpocapsae* olmuştur. Ayrıca, her iki *Steinernerma* spp. türünün de istatistiki olarak aynı etkiye sahip olduğu saptanmıştır. En düşük ölüm oranına sahip olan *H. bacteriophora* türü ile *S. carpocapsae* arasında istatistiki anlamda önemli fark olduğu tespit edilmiştir ($F=4.490$; $df= 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Nematod türlerinin 10 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	62.11±8.07	(48.24-76.19)	ab
<i>S. carpocapsae</i>	69.70±6.06	(63.64-81.82)	b
<i>H. bacteriophora</i>	39.39±8.02	(27.27-54.55)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

4.1.2.5 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 15 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan 15 IJ/larva uygulama dozunda en yüksek ölüm oranı % 83.33 ile *S. carpocapsae* türünde görülmüş olup bunu % 77.78 ile *S. feltiae* takip etmiştir. Ancak her iki *Steinernerma* türünün de istatistiki olarak aynı etkiyi gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük ölüm oranının görüldüğü *H. bacteriophora* (% 42.42) ile her iki *Steinernerma* türünün arasında istatistiki olarak önemli fark bulunduğu saptanmıştır ($F= 21.383$; $df= 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Nematod türlerinin 15 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	77.78±1.59	(76.19-80.95)	b
<i>S. carpocapsae</i>	83.33±8.02	(68.18-95.45)	b
<i>H. bacteriophora</i>	42.42±1.51	(40.91-45.45)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$).

4.1.2.6 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 20 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan 20 IJ/larva uygulama dozunda en yüksek ölüm oranının görüldüğü tür % 93.94 ile *S. carpocapsae* olmuştur. *Steinernema feltiae* ise % 82.54 ölüm oranı ile ikinci sırada yer almıştır. Ancak her iki *Steinernema* türünde ölüm oranları arasında istatistiki olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. En düşük ölüm oranına sahip olan *H. bacteriophora* (% 59.09) ile her iki *Steinernema* türünün ölüm oranları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F = 10.038$; $df = 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Nematod türlerinin 20 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	82.54±1.59	(80.95-85.71)	b
<i>S. carpocapsae</i>	93.94±1.51	(90.91-95.45)	b
<i>H. bacteriophora</i>	59.09±9.46	(45.45-77.27)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$).

4.1.2.7 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 25 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan 25 IJ/larva uygulama dozunda en yüksek ölüm % 95.45 ile *S. carpocapsae* türünde görülmüş olup bunu % 90.48 ölüm oranı ile *S. feltiae* takip etmiştir. Her iki *Steinernema* türü arasındaki ölüm oranlarının istatistiki olarak bakıldığında aynı etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* ise % 65.15 ile en düşük ölüm oranına sahiptir. Ancak *H. bacteriophora* her iki *Steinernema* türü ile kıyaslandığında ölüm oranlarının istatistiki olarak önemli fark oluşturduğu tespit edilmiştir ($F = 80.331$; $df = 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Nematod türlerinin 25 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	90.48±2.75	(85.71-95.24)	b
<i>S. carpocapsae</i>	95.45±0.00	(95.45-95.45)	b
<i>H. bacteriophora</i>	65.15±1.51	(63.64-68.18)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

4.1.2.8 Yaprak dışındaki *Tuta absoluta* larvalarına 40 IJ/larva uygulama dozundaki etkinlikleri

Yapılan 40 IJ/larva uygulama dozunda *S. carpocapsae* % 99.39 ölüm oranı ile en yüksek etkinliğe sahip tür olarak bulunmuştur. Bunu takiben % 95.24 ölüm oranı ile *S. feltiae* ikinci sırada yer almıştır ancak her iki türünde ölüm oranları açısından istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. En düşük ölüm oranının görüldüğü *H. bacteriophora* (% 74.24) ile her iki *Steinernema* türü arasında istatistiki olarak önemli bir fark olduğu saptanmıştır ($F = 8.348$; $df = 2$; $P \leq 0.05$) (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Nematod türlerinin 40 IJ/larva dozundaki ölüm oranları [(X±SH), (min, maks)], (n=60)

Nematod türü	Ölüm oranı (%)		
<i>S. feltiae</i>	95.24±2.75	(90.48-100.0)	b
<i>S. carpocapsae</i>	99.39±0.61	(98.18-100.0)	b
<i>H. bacteriophora</i>	74.24±7.58	(59.09-81.82)	a

*Aynı harfi içeren ortalamalar Duncan testine göre istatistiksel olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$)

Üç farklı EPN türünün (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*) her bir doz için elde edilen ölüm oranları kıyaslandığında *Steinernema* türlerinin *H. bacteriophora*'ya göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Her iki *Steinernema* türleri arasındaki ölüm oranları dozlara göre değişmekte olup genel anlamda aralarında etki yönünden fark olmadığı saptanmıştır. Aynı şekilde Gözel & Güneş (2013) aynı nematod türlerinin türk izolatlarının mısır koçan kurdu larvalarına *Sesamia cretica* karşı etkinliğini değerlendirdikleri bir çalışmada *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nin uygulandığı tüm sıcaklıklarda birbirine yakın sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Denemede kullanılan 10 IJ/larva dozunda *S. carpocapsae* ile % 69.70 oranında ölüm elde edilmiştir. Bu sonuçlar Lacey & Unruh (1998) tarafından yapılan çalışma

ile paralellik göstermektedir. Üç farklı entomopatojen nematodun (*S. carpocapsae*, *S. riobrave*, ve *H. bacteriophora*) elma iç kurdu *Cydia pomonella* larvalarına etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, 10 IJ/cm² dozundaki uygulamanın farklı sıcaklıklardaki etkisini incelediklerinde *S. carpocapsae*'nin % 66-90 aralığında değişen ölüm oranlarına sahip olduğunu ve diğer türlere kıyasla en etkili nematod türü olduğunu saptamışlardır.

Deneme sonucunda 25 IJ/larva dozunda elde edilen ölüm oranları *S. feltiae* için % 90.48, *S. carpocapsae* için % 95.45 ve *H. bacteriophora* için % 65.15 olarak bulunurken 40 IJ/larva dozunda bu oran *S. feltiae* için % 95.24, *S. carpocapsae* için % 99.39, *H. bacteriophora* için % 74.24 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu ölüm oranları Batalla-Carrera et al. (2010) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Aynı şekilde *T. absoluta*'ya karşı üç farklı EPN türünün etkilerini değerlendirdikleri çalışmada 25 IJ/cm² dozunda *S. feltiae* için % 100, *S. carpocapsae* için % 85.7 ve *H. bacteriophora* için % 78.6 ölüm oranı elde ederken 50 IJ cm⁻² dozunda bu oran *S. feltiae* için % 100, *S. carpocapsae* için % 86.6 ve *H. bacteriophora* için % 100 olarak saptanmıştır.

4.1.3 Nematod türlerinin LD₅₀ değerlerine ait veriler

Yaprak dışındaki *T. absoluta* larvalarına yapılan farklı dozlardaki entomopatojen nematod uygulamaları sonucunda elde edilen veriler Probit analizine tabi tutulmuş ve her bir nematod türü için LD₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda *T. absoluta* larvaları üzerinde en yüksek etkiye sahip olan tür *S. feltiae* (LD₅₀: 6.252) olarak bulunmuş olup bunu *S. carpocapsae* (LD₅₀: 7.132) izlemiştir. En düşük etkiye sahip olan tür ise *H. bacteriophora* (LD₅₀: 21.677) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Nematod türlerinin LD₅₀ değerleri

Nematod türü	LD ₅₀
<i>S. feltiae</i>	6.252
<i>S. carpocapsae</i>	7.132
<i>H. bacteriophora</i>	21.677

Yaprak dışındaki *T. absoluta* larvalarına yapılan deneme sonucunda elde edilen LD₅₀ değerlerine göre *S. carpocapsae*'nin *H. bacteriophora*'dan daha etkili olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde Salari et al. (2014), *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) larvalarına karşı yapmış oldukları çalışmada *S. carpocapsae* (LD₅₀: 6,4)'nin *H. bacteriophora* (LD₅₀: 8,4)'ya göre daha etkili olduğunu saptamışlardır. Aynı şekilde Lacey & Unruh (1998) elma iç kurdu *Cydia pomonella* larvalarına karşı yaptıkları çalışmada *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* için LD₅₀ değerlerini ayrı ayrı 4.7 ve 6 olarak bulmuş ve *S. carpocapsae*'nin etkinlik olarak daha üstün olduğunu tespit etmişlerdir. Ansari et al. (2003), EPN'lerin *Hoplia philanthus* larvalarına olan etkilerini test ettiği denemede Steinernema türüne ait olan *S. glaseri* (LC₅₀= 4.6)'nin *Heterorhabdit* türü olan *H. megidis* (LC₅₀= 9:7)'den daha etkin olduğunu ortaya koymuşlardır.

4.2 *Steinernema feltiae*'nin Yaprak İçerisindeki *Tuta absoluta* Larvalarına Etkileri

Yaprak dışındaki *T. absoluta* larvalarına yapılan üç farklı türdeki entomopatojen nematodların farklı dozlara tabi tutulan uygulamaları sonucunda en etkili bulunan tür olan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozu yaprak içerisindeki galerilerde bulunan *T. absoluta* larvalarına uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda *S. feltiae* yaprak içerisindeki larvalarda % 19 oranında ölüme sebep olmuştur (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Yaprak içerisindeki *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) larvalarına uygulanan *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934)'nin LD₅₀ dozu sonucunda meydana gelen ölüm oranları

Tekerrür	Ölüm oranı (%)	Ortalama ölüm oranı (%)
1	8	19
2	25	
3	25	

Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada entomopatojen nematodların toprak altı zararlılarından Coleopter türlerine karşı başarı ile kullanıldığı bilinmesine rağmen toprak üstünde zarar yapan Lepidopter türlerine karşı yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır (Klein, 1990).

Yapılan çalışma sonucunda yaprak içindeki larvalardaki ölüm oranları nispeten düşük (% 19) bulunmuştur. Ancak Arthurs et al. (2004) toprak üstü zararlılarına karşı yapılan birçok çalışmayı incelemiş ve en düşük etkinliğin yapraklarda yapılan uygulamalarda olduğunu tespit etmişlerdir. Yaprak üzerine yapılan uygulamaların etkinliğini sınırlayan en önemli faktörlerden birinin IJ'lerin hızlı bir şekilde desikasyona uğramaları olduğunu bildirmişlerdir. Ancak anti desikkant denilen su kaybını önleyici maddelerin ilavesi ile EPN'lerin etkinliğinin bazı zararlı türlerine karşı arttığı tespit edilmiştir.

Entomopatojen nematodların konukçuyu bulma davranışları türden türe farklılık göstermektedir. Genellikle *Heterorhabditid* türlerine özgü olan “avcı” olarak nitelendirilen türler toprakta aktif olarak hareket halinde olup konukçusunu arama eğilimindedirler. *Steinernematid* nematodlar ise otur- ve bekle olarak tabir edilen “tuzakçı ya da pusucu” konukçu arama davranışı ile çoğu zaman toprak partiküllerine yapışık bir halde kuyruklarının üzerinde durarak (niktasyon) konukçularını beklerler ve tam yakınlarından geçeceği sırada konukçusuna saldırırlar. (Gaugler , 1993). Bu davranışından dolayı *Steinernema* türleri toprak üstünde ve yaprakta bulunan diğer zararlıların kontrolünde kullanılan en yaygın tür konumundadır ve yapraktan toprak yüzeyine düşen zararlılar ile karşılaşma için daha uygundur. Yapmış olduğumuz çalışmalar sonucunda da *Steinernematid* türlerinin yapraklarda zarar yapan *T. absoluta* larvalarına karşı daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

4.3 *Steinernema feltiae*'nin *Tuta absoluta* Pupalarına Etkileri

Yaprak dışındaki *T. absoluta* larvalarına yapılan üç farklı türdeki entomopatojen nematodların farklı dozlara tabi tutulan uygulamaları sonucunda en etkili bulunan tür olan *S. feltiae*'nin LD₅₀ dozu *T. absoluta* pupalarına uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda *S. feltiae*'nin pupalarda % 7 oranında ölüme sebep olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) pupalarına uygulanan *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934)'nin LD₅₀ dozu sonucunda meydana gelen ölüm oranları

Tekerrür	Ölüm oranı (%)	Ortalama ölüm oranı (%)
1	0	7
2	10	
3	10	

Larva dönemlerine yapılan nematod uygulamaları sonucunda meydana gelen ölüm oranlarına kıyasla pupa dönemlerinde meydana gelen ölümlerin oldukça düşük oranda olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar Batalla-Carrera et al. (2010) tarafından yapılan çalışma ile uyum göstermektedir. Benzer nematodlar kullanarak *T. absoluta* pupalarına karşı uyguladıkları denemede % 10'nun altında pupa ölümlerinin olduğunu saptamışlardır. Garcia-del Pino et al. (2013) ise aynı şekilde *T. absoluta* pupalarına karşı üç farklı EPN türü ile yaptığı çalışmada pupa ölümlerinin meydana gelmediğini gözlemlemişlerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, ticari olarak kullanılan entomopatojen nematodlardan *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvaları üzerinde etkisi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda en etkili nematod olarak saptanan *S. feltiae*'nin yaprak içerisindeki larva ve pupalara olan etkisi laboratuvar çalışması ile tespit edilmiştir. Entomopatojen nematodların biyolojik mücadele açısından ümitvar olabileceği saptanmıştır. Deneme sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Yapılan bu çalışmada, entomopatojen nematodlardan *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın yaprak dışında bulunan *T. absoluta* larvaları üzerinde yüksek oranda etkili olduğu tespit edilmiştir.

2. Denemede özellikle *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'nin *H. bacteriophora*'ya göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu entomopatojen nematodların *T. absoluta*'nın larva dönemleri üzerinde daha yüksek bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

3. Yaprak içerisindeki *T. absoluta* larvalarına yapılan *S. feltiae* uygulaması sonucunda nispeten düşük ölüm oranı elde edilmiştir.

4. *Steinernema feltiae* uygulanan pupa dönemlerinde görülen ölüm oranları larva dönemlerindeki göre daha düşük bulunmuştur.

Yaprak içindeki larvalarda enfeksiyonun artırılması için nematodun daha yüksek dozları, surfaktanların ilavesi ile birlikte saksı veya doğa koşullarında bitkiler üzerinde denendiği takdirde daha ümitvar sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir. Laboratuvar koşullarında yapılan bu denemenin ileriki çalışmalarda saksıda ya da açık alan arazi koşullarında denenerek etkinliği araştırılmalıdır. Pupalardaki enfeksiyon oranının artırılması için nematodların daha yüksek dozlarının denenmesi tavsiye edilebilir.

Ayrıca açık alanda yapılan entomopatojen nematod uygulamalarında, nematodların konukçusunu hızlı ve kolay bir şekilde enfekte edebilmesi için zararlının hassas dönemi, optimum çevre koşulları ve elverişli havalarda uygulanması gibi faktörlerin uygulama başarısını önemli ölçüde etkilediği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abbott, W.S.**, 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide, *Journal Economic Entomology*, 18: 265-267pp.
- Anonymous**, 2012a, “FAO Agricultural Statistics”, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (Erişim tarihi: 25 Temmuz 2014).
- Anonymous**, 2012b, “Top Production Tomatoes”, [http:// faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx) (Erişim tarihi: 25 Temmuz 2014).
- Anonymous**, 2012c, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Domates ve Domates Salçası Durum-Tahmin 2012/2013, <http://www.tepge.gov.tr/Dosyalar/Yayinlar/bfd1df068a694ac59632806a1d740473.pdf> (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2014).
- Anonymous**, 2012d, *Tuta absoluta* information network, [http:// www.tutaabsoluta.com/](http://www.tutaabsoluta.com/) (Erişim tarihi: 5 Aralık 2013).
- Anonymous**, 2013a, “Bitkisel Üretim İstatikleri”, [http:// tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/ bitkisel.zul](http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul) (Erişim tarihi:25 Nisan 2014).
- Anonymous**, 2013b, “International Trade Center, ITC”, [http:// www.trademapp.org/tradestat/index.aspx?proceed=true&product=1404&tradetype=I](http://www.trademapp.org/tradestat/index.aspx?proceed=true&product=1404&tradetype=I) (Erişim tarihi: 14 Nisan 2013).
- Ansari, M. A., Tirry, L. and Moens, M.**, 2003, Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria for the biological control of *Hoplia philanthus* (Coleoptera: Scarabaeidae), *Biological Control*, 28: 111–117pp.
- Arthurs, S., Heinz, K. M., and Prasifka, J. R.**, 2004, An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests, *Bulletin of Entomological Research*, 94: 297–306pp.
- Atakan, E. ve Gözel, U.**, 2013, Adana kentinde Kırmızı palmyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) üzerinde entomopatojen nematod türü: *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae), *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 4 (1): 11-22s.
- Batalla-Carrera, L., Morton, A. and Garcia-del-Pino, F.**, 2010, Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions, *BioControl*, 55: 523–530pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Begley, J. W.**, 1990, Efficacy Against Insects in Habitats Others than Soil. In: Gaugler, R. and Kaya, H.K. (Eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, CRC Press, Boca Raton, 215–231pp.
- Boemare, N.**, 2002, Biology, Taxonomy and Systematics of *Photorabdus* and *Xenorhabdus* in Gaugler I, (eds) *Entomopathogenic Nematology*, CABI Publishing, New Jersey, 57-78pp.
- Brévault, T. Sylla, S., Diatte, M., Bernadas, G., and Diarra, K.**, 2014, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae): A New Threat to Tomato Production in Sub-Saharan Africa, *African Entomology*, 22 (2) : 441-444pp.
- Caroli, L., Glazer, I. and Gaugler, R.**, 1996, Entomopathogenic nematode infectivity assay: Comparison of penetration rate into different hosts, *Biocontrol Science and Technology*, 6 (2): 227-234pp.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia S., Narvaez-Vasquez, C. A., Gonzalez-Cabrera, J., Ruescas, D.C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. and Urbaneja A.**, 2010, Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control, *Journal of Pest Science*, 83: 197-215pp.
- Dowds, B. C., and Peters, A.** 2002, Virulence mechanisms. Gaugler, R. (Eds.), *Entomopathogenic Nematology*, CABI Publishing, Oxon, UK, 79–98 pp.
- Ehlers, R.U.**, 1996, Current and future use of nematodes in biocontrol: practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues, *Biocontrol Science and Technology*, 6, 303-316pp.
- Ehlers, R.U.**, 2001, Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56: 623-633pp.
- Ehlers, R.U.**, 2003, Biocontrol Nematodes, in: Hokkanen HMT, Hajek AE (ds) *Environmental Impacts of Microbial Insecticides*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, NL, 177–220pp.
- Erbas, Z., Gokce, C., Hazir, S., Demirbag, Z. and Demir, I.**, 2014, Isolation and identification of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) from the eastern Black Sea region and their biocontrol potential against *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 187-197pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Erler, F., Can, M., Erdogan, M., Ates, A.O. and Pradier, T.,** 2010, New record of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on greenhouse-grown 46 tomato in southwestern Turkey (Antalya), *Journal of Entomological Science*, 45: 392-393pp.
- Garcia-del-Pino, F., Alabern, X. and Morton, A.,** 2013, Efficacy of soil treatments of entomopathogenic nematodes against the larvae, pupae and adults of *Tuta absoluta* and their interaction with the insecticides used against this insect, *BioControl*, 58: 723–731pp.
- Gaugler, R.,** 1993, Ecological genetics of entomopathogenic nematodes, in *Nematodes and the Biological Control of Insect Pests*, Bedding, R., Akhurst, R.J. and Kaya, H.K. (Eds) CSIRO, East Melbourne, 89-95pp.
- Glazer, I.,** 1996, Survival mechanisms of entomopathogenic nematodes, *Biocontrol Science and Technology*, 6: 373-378pp.
- Gözel, Ç., Gözel, U. ve Kasap, İ.,** 2014, Domates Güvesi *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanım Olanakları, Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Antalya 319s.
- Gözel, U. and Güneş, Ç.,** 2013, Effect of entomopathogenic nematode species on the corn stalk borer (*Sesamia cretica* Led. Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures, *Turkish Journal of Entomology*, 37(1): 65-72pp.
- Grewal, P. S., Ehlers, R. U. and Shapiro-Ilan, D. I.,** 2005, Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publisher, Wallingford, UK, 505pp.
- Gülcü, B. , Uluğ, D., Hazır, C., Karagöz, M. and Hazır, S.,** 2014, Biological control potential of native entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) against *Spodoptera cilium* (Lepidoptera: Noctuidae) in turfgrass, *Biocontrol Science and Technology*, 24(8): 965-970pp.
- Hara, A. H., Kaya, H. K., Gaugler, R., Lebeck, L. M. and Mello, C. L.,** 1993, Entomopathogenic nematodes for biological control of the leafminer, *Liriomyza triolii* (Diptera: Agromyzidae), *Entomophaga*, 38(3): 359-369pp.
- Hassani-Kakhi, M., Karimi, J. and Hosseini, M.,** 2013, Efficacy of entomopathogenic nematodes against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions, *Biocontrol Science and Technology*, 23(2): 146-159pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hiltpold, I., Hibbard, B. E., French B. W. and Turlings, T. C. J.,** 2012, Capsules containing entomopathogenic nematodes as a Trojan horse approach to control the western corn rootworm, *Plant and Soil*, 358: 11-25pp.
- Jenkins, J.A.,** 2008. The origin of the cultivated tomato, *Economic Botany*, 2: 379-392pp.
- Kaya, H. K., and Gaugler, R.,** 1993, Entomopathogenic nematodes, *Annual Review of Entomology*, 38: 181-206pp.
- Kaya, H. K. and Stock, S. P.,** 1997, Techniques in Insect Nematology.in: Lacey, L.A. (eds) Manual of Techniques in Insect Pathology, Academic Press, San Diego, 281–324pp.
- Kepenekçi, İ. ve Halıcı, S.,** 2004, İki Entomopatojen Nematodun *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerindeki Etkileri, I. Bitki Koruma Kongresi, Samsun, Bildiri özetleri, 56s.
- Kepenekçi, İ., Evlice, E. ve Özer, N.,** 2013, Entomopatojen nematodların ağ kurdu [*Yponomeuta mallinellus* Zell. ve *Yponomeuta padella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae)] larvalarına etkileri, *Bitki Koruma Bülteni*, 53(4): 199-206s.
- Kılıç, T.,** 2010, First record of *Tuta absoluta* in Turkey, *Phytoparasitica*, 38: 243–244pp.
- Klein, M. G.,** 1990, Efficacy against Soil-Inhabiting Insects Pest. In: Gaugler, R. and Kaya, H.K. (Eds) Entomopathogenic Nematodes Biological Control, CRC Press, Boca Raton, 195–214pp.
- Koppenhöfer, A.M.,** 2007, Nematodes In: Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology ,Lacey, L. A. and Kaya, H. K., (Eds), Springer, Germany, 249-264pp.
- Lacey, L. A., and Unruh, T.R.,** 1998, Entomopathogenic nematodes for control of codling moth: Effect of nematode species, dosage, temperature, and humidity under laboratory and simulated field conditions, *Biological Control*, 13:190–197pp.
- Lola-Luz, T., Downes, M. and Dunne R.,** 2005, Control of Black Vine Weevil larvae *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera:Curculionidae) in grow bags outdoors with nematodes, *Agricultural and Forest Entomology*, 7: 121–126pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mason, J. M. and Wright, D. J.**, 1997, Potential for the control of *Plutella xylostella* larvae with entomopathogenic nematodes, *Journal Of Invertebrate Pathology*, 70: 234–242pp.
- Mbata, G.N. and Shapiro-Ilan, D.I.**, 2005, Laboratory evaluation of virulence of heterorhabditid nematodes to *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae), *Environmental Entomology*, 34: 676–682pp.
- Oğuzoğlu, I. and Özer, N.**, 2007, Bioassays of entomopathogen nematode *Steinernema feltiae* All Type(Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2 (Rhabditida: Heterorhabditidae), *Hacettepe Journal Of Biology and Chemistry*, 35(1): 39-44pp.
- Peters, A. and Ehlers, R.U.**, 1997, Encapsulation of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* in *Tipula oleracea*, *Journal of Invertebrate Pathology*, 69: 218–222pp.
- Pfeiffer, D.G., Muniappan, R., Sall, D., Diatta, P., Diongue, A. And Dieng, E.O.**, 2013, First record of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Senegal, *Florida Entomologist*, 96: 661–662pp.
- Poinar, JR, G. O.**, 1990, Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae, in *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, Gaugler, R. and Kaya, H.K., (Eds) CRC Press, Boca Raton, FL, 23-61pp.
- Potting, R.**, 2009, Pest risk analysis, *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth, Plant protection service of the Netherlands, 24pp.
- Salari, E., Karimi, J., Sadeghi-Nameghi, H. and Hosseini, M.**, 2014, Efficacy of two entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* for control of the leopard moth borer *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) larvae under laboratory conditions, *Biocontrol Science and Technology*, 25(3) : 260-275pp.
- Schroer, S. and Ehlers, R.U.**, 2005, Foliar application of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* for biological control of diamondback moth larvae (*Plutella xylostella*), *Biological Control*, 33: 81–86pp.
- Shapiro-Ilan, D. I., Han, R. and Dolinski, C.**, 2012, Entomopathogenic nematode production and application technology, *Journal Nematology*, 44(2): 206–217pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shapiro-Ilan, D.I.**, 2001, Virulence of entomopathogenic nematodes to pecan weevil larvae, *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae), in the laboratory, *Journal of Economic Entomology*, 94(1):7-13pp.
- Spiridonov, S., Akhmedov, E. and Belostotskaya, F.**, 1991, Proliferation of symbiotic bacteria in the intestinal vesicles of invasive larvae of *Neoplectana* spp.(Nematoda, Steinernematidae). *Helminthologia*, 28: 141-142pp.
- Susurluk, A. ve Ökten, E.**, 2000, Bazı entomopatojen nematodların *Blattella germanica* L. (Dictyoptera: Blattellidae) üzerindeki etkileri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 111-114s.
- Susurluk, I. A.**, 2006, Comparison of some biological characterizations of the entomopathogenic nematodes, *Steinernema weiseri* and *S. feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae), isolated in Turkey, *Turkish Journal of Agricultural Science*, 12(4): 340-344pp.
- Susurluk, I. A.**, 2010, Potential of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as a biological control agent against the cabbage maggot *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) in oilseed rape, *Turkish Journal of Agricultural Science*, 35: 413-419pp.
- Tomalak, M., Piggott, S., and Jagdale, G. B.**, 2005, Glasshouse Applications. In: Grewal, P.S., Ehlers, R. U. and Shapiro-Ilan, D.I . (Eds) Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing, Oxon, 147–166pp.
- Urbaneja, A., Vercher, R., Navarro, V., Garcia Mari, F. ve Porcuna, J.L.**, 2007, La polilla del tomate, *Tuta absoluta*, Phytoma España, 194:16–23pp.
- Usda-Aphis**, 2011, Federal import quarantine order for host materials of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), (http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/plant_imports/federal_order/downloads/2011/Tuta%20absoluta5-5-2011.pdf). (Erişim tarihi: 20 Nisan 2014).
- Uygun, N., Ulusoy, M.R. ve Başpınar, H.**, 1998, Sebze Zararlıları, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:213, Ders Kitapları No:A- 68, Adana .I. Baskı, 168s.
- Williams, E. C. and Walters, K. F. A.**, 1999, Foliar application of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against leafminers on vegetables. *Biocontrol Science and Technology*, 10: 61–70pp.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2005 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Lisans öğrenimi döneminde kazanmış olduğu burs aracılığı ile stajını Erasmus LLP (Life Learning Program) programına katılımcı olarak İspanya’da IFAPA (Instituto de Investigacion y Formacion Agraria y Pesquera Junta De Andalucia) isimli Araştırma Enstitüsünde yaptı. 2009 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bitki Koruma Altprogramı’ndan Ziraat Mühendisi unvanı ile mezun oldu. Şubat 2010 yılında Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü’nde Nematoloji alanında Yüksek Lisans eğitime başladı. Eylül 2010 yılında Ege Üniversitesi aracılığı ile Erasmus öğrenim hareketliliği programına burslu katılımcı olarak gittiği Almanya’daki Christian Albrechts Üniversitesinde, güz sömester dönemini tamamladı. 2011 yılında Belçika’dan kazanmış olduğu Erasmus Mundus bursu sebebi ile Ege Üniversitesi’ndeki öğrenimine iki sene boyunca ara vermek zorunda kaldı. Eylül 2011 yılında Belçika’daki Ghent Üniversitesi’nde “Nematoloji Alanında Avrupa Yüksek Lisansı” (European Master of Science in Nematology, EUMAINE) programına başladı. Avrupadaki yüksek lisans öğrenimi boyunca program gereği olarak İspanya’da bulunan Jaen Üniversitesi’nde bir sömester boyunca eğitime devam etti. Daha sonra Almanya’da e-nema Gmbh isimli biyoteknoloji firmasında yüksek lisans tezini tamamladı. Avrupadaki yüksek lisansını 2013 yılında başarı ile bitirerek mezun oldu. Yurda döndükten sonra Ege Üniversitesi’nde ara vermiş olduğu eğitime kaldığı yerden devam etti.